

特開2001-15826

(P2001-15826A)

(43)公開日 平成13年1月19日(2001.1.19)

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターコード(参考)
H 0 1 L	43/08	H 0 1 L	43/08
G 1 1 B	5/39	G 1 1 B	5/39
			Z 5D034

審査請求 未請求 請求項の数18

O L

(全13頁)

(21)出願番号 特願平11-188472

(22)出願日 平成11年7月2日(1999.7.2)

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 レドン オリビエ

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 島沢 幸司

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74)代理人 100098006

弁理士 皿田 秀夫 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トンネル磁気抵抗効果型ヘッド

(57)【要約】

【課題】 TMRヘッド性能の向上、特に、耐蝕性に優れることはもとより、TMR変化率の低下が少なく、ヘッド出力が大きく、超高密度記録に適用できるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供する。

【解決手段】 トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一部を構成し、前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f とバックフラックスガイド部の幅方向長さ L_b よりも長く設定されるように構成する。

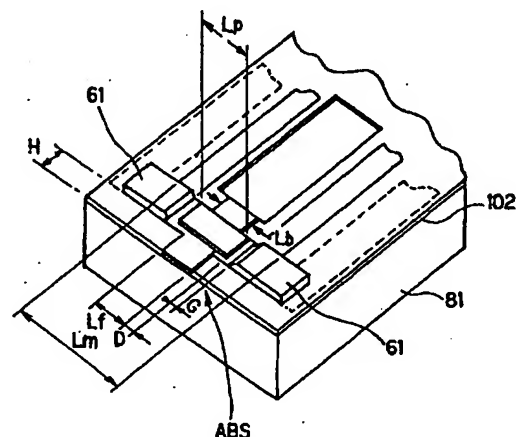


FIG.1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ビンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、

前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一部を構成し、

前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f とバックフラックスガイド部の幅方向長さ L_b よりも長く設定されてなることを特徴とするトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 2】 前記フリー層主要部の中央部分に前記トンネルバリア層および強磁性ビンド層が積層形成され実質的にトンネル多層膜が形成されてなる請求項 1 に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 3】 前記フリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれバイアス付与手段が接続形成され、当該バイアス付与手段によって強磁性フリー層の幅方向にバイアス磁界が印加されるようになっている請求項 1 または請求項 2 に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 4】 前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f と等しいかあるいは L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu m$ である請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 5】 前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 < D \leq 0.15 \mu m$ である請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 6】 前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0.05 \mu m \leq D \leq 0.15 \mu m$ である請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のトンネル

磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 7】 前記フロントフラックスガイド部の奥行き (ABS に垂直方向) 長さ H が、 $0.01 \sim 0.3 \mu m$ である請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 8】 前記トンネル多層膜は、当該トンネル多層膜を積層方向に挟むように対向配置された一対の電極と電気的に接合されてなる請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 9】 前記一対の電極は、それぞれ、前記トンネル多層膜の幅方向に伸びるフロント電極部分と、フロント電極部分の両端からそれぞれ奥行き (ABS に垂直方向) 伸びるサイド電極部分を一体的に備える形状をなし、実質的に構成される 4 本のサイド電極部分で電流および電圧の 4 ターミナル測定が行える形状を備えてなる請求項 8 に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 10】 前記一対の電極を挟むように一対のシールド層が対向配置され、

前記強磁性フリー層のバックフラックスガイドの後端部は、少なくとも一方のシールド層に接続されてなる請求項 8 または請求項 9 に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 11】 前記強磁性フリー層のフリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれ接続配置されるバイアス付与手段は、フリー層主要部の幅方向両端部の上または下に接触して形成され、かつ前記強磁性ビンド層の幅方向端部から一定のスペース G を確保して形成されてなる請求項 3 ないし請求項 10 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 12】 前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上である請求項 11 に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 13】 前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上 $0.3 \mu m$ 以下である請求項 11 に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 14】 前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上 $0.15 \mu m$ 未満である請求項 11 に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 15】 前記強磁性フリー層の厚さは、 $20 \sim 500 \text{ \AA}$ の範囲に設定される請求項 1 ないし請求項 14 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 16】 前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石 (synthetic ferrimagnet) である請求項 1 ないし請求項 15 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 17】 前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層と 1 ないし幾層かの強磁性層との積層体から構成される請求項 1 ないし請求項 16 のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項18】 前記強磁性ピンド層の磁化をピンニングするためのピン止め層が、前記強磁性ピンド層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなる請求項1ないし請求項17のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体等の磁界強度を信号として読み取るためのトンネル磁気抵抗効果型ヘッド (Magnetoresistive tunnel Junction head) に関する。特に、超高密度記録に適用できるように新規な強磁性フリー層の構造を有するトンネル磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】異方性磁気抵抗 (Anisotropic Magnetoresistance: AMR) 効果あるいはスピンバルブ (Spin-Valve: SV) 効果に基づくMRセンサは、磁気記録の読み出しトランスデューサとして良く知られている。MRセンサは、磁気材料からなる読み出し部の抵抗変化で、記録媒体に記録された信号の変化を検出することができる。AMRセンサの抵抗変化率 $\Delta R/R$ は低く、1~3%程度である。これに対して、SVセンサの抵抗変化率 $\Delta R/R$ は2~7%程度と高い。このように高い感度を示すSV磁気読み出しヘッドは、AMR読み出しヘッドに取って代わり、非常に高い記録密度、例えば、数ギガビット/インチ² (Gbits/in²) の記録密度の読み出しを可能としている。

【0003】近年、さらに超高密度記録に対応できる可能性を秘めた新しいMRセンサが、注目を浴びている。すなわち、トンネル磁気抵抗効果接合 (Magnetoresistive tunnel Junctions: MRTJあるいはTMRとも呼ばれ、これらは同義である) においては、12%以上の抵抗変化率 $\Delta R/R$ を示すことが報告されている。このようなTMRセンサは、SVセンサに代わる次世代のセンサとして期待されているものの、磁気ヘッドへの応用はまだ始まったばかりであり、当面の課題の一つとしてTMR特性を最大限生かせる新規なヘッド構造の開発が挙げられる。すなわち、TMRセンサそのものが、積層膜の厚さ方向に電流を流す、いわゆるCPP (Current Perpendicular to the Plane) 幾何学的構造をとるために従来提案されていない新しいヘッド構造の設計 (design) が要求されている。

【0004】ところで、すでに実用化の目処が立っているSVセンサに関しては、例えばU.S.P. 5,159,513に記載されているように、2つの強磁性層が一つの非磁性層を介して形成されている構造を有する。交換層 (Ferromagnetic) は、さらに一つの強磁性層に隣接して形成される。交換層とこれに隣接して形成される強磁性層は、交換結合され、強磁性層の磁化は、一方向に強くピン止めされる。この一方で、他の強磁性層における磁化は、小さな

外部磁場に応答して自由に回転することができるようになっている。そして、2つの強磁性層の磁化が平行から反平行に変化する時、センサの抵抗は増大して、抵抗変化率 $\Delta R/R$ は2~7%程度となる。

【0005】このようなSVセンサ構造とTMRセンサ構造を比べた場合、TMRセンサ構造は、SVセンサ構造の非磁性金属層を絶縁層であるトンネルバリア層に置き換えた点、およびセンス電流を強磁性層の膜面に垂直方法に流す点、を除いては、極めて類似の構造を取っている。TMRセンサにおいて、トンネルバリア層を介して流れるセンス電流は、2つの強磁性層のスピン分極状態に左右され、2つの強磁性層の磁化が反平行の場合、トンネル電流の確率は低くなり、高い接合抵抗 (high junction resistance) が得られる。これとは反対に、2つの強磁性層の磁化が平行の場合、トンネル電流の確率は高くなり、低い接合抵抗 (low junction resistance) が得られる。

【0006】TMRセンサ (素子) を磁気ヘッド構造に応用した従来例が、U.S.P. 5,729,410、U.S.P. 5,898,547、U.S.P. 5,898,548、U.S.P. 5,901,018などに記載されている。これらの公報では、主として超高密度記録に対応できるように技術的な改善が提案されている。しかしながら、超高密度記録に対するTMR磁気ヘッドの開発要求は、より高度なものとなり、従来にも増して高性能であるTMR磁気ヘッドの提案が待ち望まれている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような実状のものに創案されたものであって、その目的は、TMRヘッド性能の向上、特に、耐蝕性に優れることはもとより、TMR変化率の低下が少なく、ヘッド出力が大きく、超高密度記録に適用できるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために、本発明は、トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一部を構成し、前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f とバックフラックスガイド部の幅方向長さ L_b よりも長く設定されるように構成される。

【0009】また、本発明の好ましい態様として、前記フリー層主要部の中央部分に前記トンネルバリア層および強磁性ピンド層が積層形成され、実質的にトンネル多

層膜が形成されてなるように構成される。

【0010】また、本発明の好ましい態様として、前記フリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれバイアス付与手段が接続形成され、当該バイアス付与手段によって強磁性フリー層の幅方向にバイアス磁界が印加されるように構成される。

【0011】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ピン層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f と等しいかあるいは L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ピン層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu m$ となるように構成される。

【0012】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ピン層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ピン層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 < D \leq 0.15 \mu m$ となるように構成される。

【0013】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ピン層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ピン層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0.05 \mu m \leq D \leq 0.15 \mu m$ となるように構成される。

【0014】また、本発明の好ましい態様として、前記フロントフラックスガイド部の奥行き (ABSに垂直方向) 長さ H は、 $0.01 \sim 0.3 \mu m$ となるように構成される。

【0015】また、本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜は、当該トンネル多層膜を積層方向に挟むように対向配置された一対の電極と電気的に接合されてなるように構成される。

【0016】また、本発明の好ましい態様として、前記一対の電極は、それぞれ、前記トンネル多層膜の幅方向に伸びるフロント電極部分と、フロント電極部分の両端からそれぞれ奥行き (ABSに垂直方向) 伸びるサイド電極部分を一体的に備える形状をなし、実質的に構成される4本のサイド電極部分で電流および電圧の4ターミナル測定が行える形状を備えてなるように構成される。

【0017】また、本発明の好ましい態様として、前記一対の電極を挟むように一対のシールド層が対向配置され、前記強磁性フリー層のバックフラックスガイドの後端部は、少なくとも一方のシールド層に接続されてなるように構成される。

【0018】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層のフリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれ接続配置されるバイアス付与手段は、フリー層主要部の幅方向両端部の上または下に接触して形成され、かつ前記強磁性ピン層の幅方向端部から一定のスペース G を確保して形成されてなるように構成される。

【0019】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上となるように構成される。

【0020】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上 $0.3 \mu m$ 以下となるように構成される。

【0021】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上 $0.15 \mu m$ 未満となるように構成される。

【0022】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層の厚さは、 $20 \sim 500 \text{ \AA}$ の範囲に設定されるように構成される。

【0023】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石 (synthetic ferrimagnet) であるように構成される。

【0024】また、本発明の好ましい態様として、前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層と1ないし幾層かの強磁性層との積層体から構成される。

【0025】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ピン層の磁化をピンニングするためのピン止め層が、前記強磁性ピン層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなるように構成される。

30 【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的実施の形態について詳細に説明する。

【0027】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド1 (以下、単に「TMRヘッド1」と称す) の好適な一例を示す斜視図であり、図2は図1の平面図である。これらの図1および図2におけるヘッド構造は、本発明のヘッド構造の特徴部分の理解が容易になるように、磁気ヘッドとして完全にアSEMBルされたものではなく、アSEMBル途中の状態であって本発明の説明に特に必要である部材を示している。図3は、図2の磁気ヘッドのI-I断面矢視図 (ただし、磁気ヘッドとしては完成された状態にある) であり、図4は図3のII-II断面矢視図である。

【0028】図1～図3に示されるABS (ABS: Air Bearing Surface) は、磁気情報である外部磁場を発する記録媒体と実質的に対向するように配置される面であり、いわゆる感磁部分を備える面に相当する。

【0029】この実施の形態において、TMRヘッド1は、特に図3および図4に明確に示されているようにスピントンネル磁気抵抗効果を示すトンネル多層膜3を備

えている。すなわち、トンネル多層膜3は、トンネルバリア層30と、トンネルバリア層30を挟むようにして形成された強磁性フリー層20と強磁性ピン層40が積層された多層膜構造を有している。強磁性フリー層20は、基本的に磁気情報である外部磁場に応答して自由(フリー)に磁化の向きが変えられるように作用する。また、強磁性ピン層40は、その磁化方向が、すべて一定方向を向くようにピン止めされている(図4の場合、ピン止めされる磁化の方向は紙面の奥行き方向)。そのため、通常、図1に示されるように強磁性ピン層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50が、前記強磁性ピン層40のトンネルバリア層30と接する側と反対の面に積層される。

【0030】本発明に用いられる強磁性フリー層20は、図2に示されるようにトンネル多層膜3の一部を実質的に構成するフリー層主要部22と、このフリー層主要部22の前後(ABS側が前)にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部21とバックフラックスガイド部23とを一体的に有し、全体形状としては、いわゆる十字形状をなしている。この形態をより分かり易くするために図2の状態から強磁性フリー層20のみをピックアップした平面図が図10に示される。

【0031】図2および図10に示されるように、フロントフラックスガイド部21は、その先端部21aがABS(Air Bearing Surface)の一部を構成している。そして、フリー層主要部22の幅方向(以下、矢印 (α) ・ (α) 方向を示す)長さ L_m は、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f およびバックフラックスガイド部23の幅方向長さ L_b よりも長く設定されている。そして、フリー層主要部22の中央部分に前記トンネルバリア層30および強磁性ピン層40、さらにはピン止め層50が順次積層形成され実質的にトンネル多層膜3が形成される。さらに、フリー層主要部22の幅方向両端部には、それぞれバイアス付与手段61、61が接続形成され、当該バイアス付与手段61、61によって強磁性フリー層20(特にフリー層主要部22)の幅方向にバイアス磁界が印加されるようになっている。

【0032】フリー層主要部22の上部に形成される強磁性ピン層40の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f と等しいかあるいは L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部22の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されている。そして、強磁性ピン層40の、フロントフラックスガイド部21の両端部よりも幅方向に余分に突出した長さを D ($D = (L_p - L_f) / 2$)とすると、この D の値は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、好ましくは $0 < D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、より好ましくは、 $0.05 \mu\text{m} \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ に設定される。この D 値が、 $0 \mu\text{m}$ 未満となると、接合抵抗が増大してしまい、さらには流入する信号磁束を100%捕

えられなくなり、ヘッド出力が低下する傾向が生じる。この一方で、 D 値が $0.15 \mu\text{m}$ を超えると、流入する信号磁束に対して必要以上に接合面積が増大するため、磁界ヘッド出力が低下する傾向が生じてしまう。

【0033】なお、本発明におけるフリー層主要部22の幅方向長さ L_m は、 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f は、 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度、バックフラックスガイド部23の幅方向長さ L_b は、 $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ 程度とされる。

【0034】さらに、図1、図2および図10に示されるフロントフラックスガイド部21の奥行き(ABSに垂直方向)長さ H は、 $0.01 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 、好ましくは、 $0.01 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 、さらに好ましくは、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ に設定される。この H 値は限りなく0に近い方がよいが、小さくなるにつれ、静電破壊(Electro-Static Discharges:ESD)の危険性が生じたり、あるいは研磨工程(ラッピング工程)における、フリー層20とピン層40との電氣的ショート(短絡)の危険性が生じる。従って、下限値は、 $0.01 \mu\text{m}$ 程度とするのがよい。一方、この H 値が、 $0.3 \mu\text{m}$ を超えると、ヘッド出力が低下したり、幅方向のバイアス磁界が不十分となりパルクハウゼンノイズが生じたりしてしまう。

【0035】図3および図4に示されるようにトンネル多層膜3の積層方向の上下には、当該多層膜3を挟むように一対の電極111、115が対向配置され、トンネル多層膜3と電氣的に接合される。この一対の電極111、115によりトンネル多層膜3にセンス電流が流される。

【0036】一対の電極111、115は、本実施形態において、それぞれ、コの字形形状をしている。すなわち、図2～図4に示されるように、前記トンネル多層膜3の幅方向に伸びるフロント電極部分111a、115a(図3および図4に示される部分であり、図2において、フロント電極部分111aはトンネル多層膜3の下側に位置しており、この一方でフロント電極部分115aはトンネル多層膜3の上側に位置するために現れていない)と、フロント電極部分111a、115aの両端からそれぞれ奥行き(ABSに垂直方向)伸びるサイド電極部分111b、111bおよび115b、115bをそれぞれ一体的に備える形状をなしている。このように、実質的に構成される4本のサイド電極部分111b、111bおよび115b、115bによって電流および電圧の4ターミナル測定が行える形状を備えている。4ターミナル測定が行えるデザインとすることにより、より高いTMR変化率が得られ、さらにはノイズを減らせることができる。

【0037】このような一対の電極111、115は図3および図4に示されるように、一対の絶縁層101、105で覆われ、さらにこれらをそれぞれ覆うように一対の(磁気)シールド層81、85が対向配置される。

そして、前述した強磁性フリー層20のバックフラックスガイド23の後端部は、少なくとも一方のシールド層85に接続されてなるように構成することが好ましい(図3)。これにより、信号磁界の感磁効率が増大し、ヘッド出力が増大するというメリットが生じる。

【0038】本発明における前記強磁性フリー層20は、図3に示されるようにその幅方向(矢印 α) - (α)方向(紙面の左右方向)両端部にそれぞれ積層され接続配置されたバイアス付与手段61、61によって、強磁性フリー層20の幅方向にバイアス磁界が印加されるようになっている。すなわち、強磁性フリー層20のフリー層主要部22の幅方向長さ L_m は、前記強磁性ピン層40の幅方向長さ L_p よりも大きく設定されており、フリー層主要部22は、その長さ L_m が強磁性ピン層40の長さ L_p よりも長い分だけ、その両端部に、拡張部位をそれぞれ備えた形態となっている。

【0039】このようなフリー層主要部22の両端の拡張部位に、バイアス付与手段61、61が積層状態で接続される。バイアス付与手段61、61が積層された部分は、フリー層主要部22の拡張部位と交換結合され、磁化方向は矢印(α)方向に固着される。バイアス付与手段61、61は、それぞれ、図1および図2に示されるように前記強磁性ピン層40の幅方向両端部からそれぞれ一定のスペースGを確保して形成されている。

【0040】このような一定のスペースGは、ヘッドの設計仕様を決定する際に、TMR変化率を実質的に低下させないようにするために所定範囲に定めることが望ましい。具体的数値は、ヘッド仕様、例えば、用いる構成部材の材質や、寸法設定等により適宜設定することが望ましい。特に、より好ましい態様として実験的に見出された数値を挙げるならば、前記一定のスペースGは、 $0.02\mu\text{m}$ 以上、特に、 $0.02\mu\text{m}$ 以上 $0.3\mu\text{m}$ 以下の範囲、さらには $0.02\mu\text{m}$ 以上 $0.15\mu\text{m}$ 未満の範囲($0.15\mu\text{m}$ を含まない)とすることが好ましい。

【0041】このGの値が、 $0.02\mu\text{m}$ 未満となると、TMR変化率が低下する傾向にある。この一方で、このG値が大きくなり過ぎて、 $0.3\mu\text{m}$ を超えると、有効トラック幅が広がってしまい高記録密度化への将来の要求に合致しなくなる傾向が生じる。

【0042】また、本発明における前記強磁性フリー層20の厚さは、特に限定されないが、 $20\sim500\text{\AA}$ 、好ましくは、 $40\sim300\text{\AA}$ 、より好ましくは $60\sim200\text{\AA}$ の範囲に設定するのがよい。この厚さが、 20\AA 未満となると、前記フリー層主要部22の幅方向の長さ L_m を十分な大ききとすることが成膜技術上、困難になる。また、この厚さが 500\AA を超えると、強磁性フリー層内部の特性のばらつきにより、電子分極率の分散が生じ、結果的にTMR変化率が減少してしまうという不都合が生じる。

【0043】強磁性フリー層20や強磁性ピン層40を構成する材質は、高いTMR変化率が得られるように高スピン分極材料が好ましく、例えば、Fe、Co、Ni、FeCo、NiFe、CoZrNb、FeCoNi等が用いられる。これらは2層以上の積層体であってもよい。強磁性フリー層20の膜厚は、前述したように $20\sim500\text{\AA}$ 、好ましくは $60\sim200\text{\AA}$ とされる。膜厚が厚くなりすぎると、ヘッド動作時の出力が低下する傾向があり、また、膜厚が薄くなりすぎると、磁気特性が不安定となりヘッド動作時のノイズが増大するという不都合が生じる。強磁性ピン層40の膜厚は、 $10\sim100\text{\AA}$ 、好ましくは $20\sim50\text{\AA}$ とされる。膜厚が厚くなりすぎると、ピン止め層50による磁化のピンニングが弱まり、また、膜厚が薄くなりすぎると、TMR変化率が減少する傾向が生じる。

【0044】強磁性ピン層40の磁化をピン止めするピン止め層50は、そのピン止め機能を果たすものであれば、特に限定されないが、通常、反強磁性材料が用いられる。厚さは、通常、 $60\sim200\text{\AA}$ 程度とされる。

【0045】ここで、強磁性トンネル磁気抵抗効果について簡単に説明しておく。強磁性トンネル磁気抵抗効果とは、トンネルバリア層30を挟む一対の強磁性層20、40間の積層方向に電流を流す場合に、両方の強磁性層20、40間における互いの磁化の相対角度に依存してトンネルバリア層を流れるトンネル電流が変化する現象をいう。この場合のトンネルバリア層30は、薄い絶縁膜であって、トンネル磁気抵抗効果によりスピンを保存しながら電子が通過できるものである。両強磁性層20、40間における互いの磁化が平行である場合(あるいは互いの磁化の相対角度が小さい場合)、電子のトンネル確率は高くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は小さくなる。これとは逆に、両強磁性層20、40間における互いの磁化が反平行である場合(あるいは互いの磁化の相対角度が大きい場合)、電子のトンネル確率は低くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は大きくなる。このような磁化の相対角度の変化に基づく抵抗変化を利用して、例えば外部磁場の検出動作が行われる。

【0046】2つの強磁性層20、40によって挟まれるトンネルバリア層30は、 Al_2O_3 、 NiO 、 GdO 、 MgO 、 Ta_2O_5 、 MoO_2 、 TiO_2 、 WO_2 等から構成される。トンネルバリア層30の厚さは、素子の低抵抗化のためできるだけ薄いことが望ましいが、あまり薄すぎてピンホールが生じるとリーク電流がながれてしまい好ましくない。一般には、 $5\sim20\text{\AA}$ 程度とされる。

【0047】本発明において、強磁性フリー層20を、例えば、NiFe層(厚さ 20\AA) / Ru層(厚さ 7\AA) / NiFe層(厚さ 25\AA)の3層積層体で例示される合成フェリ磁石(synthetic ferrimagnet)とするのも好ましい態様の一つである。この場合には、上下の

NiFe層およびNiFe層の磁化方向はそれぞれ、互いに逆方向となっている。合成フェリ磁石を用いた場合、実効的なフリー層の厚さを薄く設定することができるため、磁場感度が向上し、ヘッド出力が大きくなるというメリットがある。また、このような合成フェリ磁石は、前記強磁性ピンド層40にも適用できる。

【0048】また、上記の実施の形態において、バイアス付与手段61、61は、強磁性フリー層20の両端部の上側に配置されているが、これに限定されることなく下側に配置してもよい。

【0049】次いで、上述してきた本発明の磁気ヘッドの基本的な製造方法を図5～図8を参照しつつ簡単に説明する。図5(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図5(B)は、図5

(A)のIII-III断面矢視図である。図6(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図6(B)は、図6(A)のIV-IV断面矢視図である。図7(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図7(B)は、図7(A)のV-V断面矢視図である。図8(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図8

(B)は、図8(A)のVI-VI断面矢視図である。磁気ヘッドの製造に際しては、フォトリソ法、イオンミリング、リフトオフ、スパッタ成膜法等の公知の種々の薄膜パターン形成技術が用いられるが、ここでは個別的な詳細手法の説明は省略する。

【0050】まず最初に、図5(A)、(B)に示されるようにシールド層81の上に所定の電極形成用の凹部パターンが形成され、その後、絶縁層101が成膜される。次いで所定の電極形成用の凹部パターンに電極部材が埋設され、電極111が形成される。

【0051】次いで、図6(A)、(B)に示されるように、強磁性フリー層20、トンネルバリア層30、強磁性ピンド層40、ピン止め層50が順次積層される。

【0052】次いで、図7(A)、(B)に示されるように、強磁性フリー層20、トンネルバリア層30、強磁性ピンド層40、ピン止め層50は所定の形状および寸法に成形され、強磁性フリー層20の幅方向両端には、それぞれバイアス付与手段61、61が形成される。

【0053】次いで、図8(A)、(B)に示されるように、絶縁層109が形成され、さらにこの上に電極115が所定パターンに形成され、この電極115の上に絶縁層105が形成される。さらに、絶縁層105の上に、シールド層85が形成され、図3および図4の状態に至る。

【0054】上記のごとく磁気ヘッドの形態が完成した後、さらにピンアニール工程が行なわれる。すなわち、適当な磁場中でクールダウンさせながらピン止め層50による強磁性ピンド層40の磁化のピン止めが行なわれる。最後に、バイアス付与手段61による強磁性フ

リー層20へのバイアス付与操作(例えば、その一例としてピンニング操作)が行われる。

【0055】図9(A)、(B)には、図1に示されるTMR磁気ヘッド1構造の変形例が示される。図9

(A)は、図4と同様な断面に相当する図面であり、図9(B)は図9(A)のVII-VII断面矢視図である。図9(A)、(B)に示されるTMR磁気ヘッド2の構造が、図1に示されるそれと基本的に異なる点は、前記トンネル多層膜3の積層方向の両側には、トンネル多層膜3にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86が、それぞれ、電気的に接合(electrical contact)されている点にある。このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86を用いることにより、リードギャップは大幅に縮小でき、さらに、トンネル多層膜中の不均一な電流の流れを容易に防止することができる。

【0056】このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86は、NiFe(パーマロイ)、センダスト、CoFe、CoFeNiから構成される。このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86にセンス用の電流が流され、これらの層82、86に電気的に接合されているトンネル多層膜3の積層方向にセンス電流が流れるようになっている。

【0057】このような電極-シールド兼用層82、86は、直接、トンネル多層膜3と接触するように形成されてもよいし、あるいは図9の実施の形態に示されるように、非磁性かつ導電性のあるギャップ層102を介して電極-シールド兼用層82とトンネル多層膜3とを電気的に接合するようにしてもよい(片側のみギャップ層102が介在される)。ギャップ層を設けずに直接に接合する場合には、シールド-シールド間距離を限界にまで短くすることができ、高密度記録化に大きな貢献ができるというメリットがある。この一方で、ギャップ層を介して間接的に接合する場合には、電極-シールド兼用層側への磁気リークをより一層確実に防止することができるというメリットがある。

【0058】前記ギャップ層102は、Cu、Al、Au、Ta、Rh、Cr、In、Ir、Mg、Ru、W、Znあるいはこれらとの合金から構成され、当該ギャップ層102は、特に、シールド-シールド間距離の調整およびTMR多層膜位置の調整という機能や、トンネル電流が不均一になるのを防止するという機能を果たす。ギャップ層102の膜厚は、50～700Å程度とされる。なお、図9における符号106はアルミナ等からなる絶縁層を示している。

【0059】

【実施例】上述してきたトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの発明を要する具体的な実施例によりさらに詳細に

説明する。

【0060】(実験例I)

【0061】図1～図4に示されるヘッド構造と実質的に同様な構造を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドのサンプルを作製した。すなわち、NiFe(厚さ100Å)とCo(厚さ20Å)の2層積層体からなる強磁性フリー層20、トンネルバリア層30(酸化アルミニウム;厚さ12Å)、磁化方向が検出磁界方向にピン固定された強磁性ピンド層40(Co;厚さ30Å)、強磁性層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50(RuRhMn;厚さ100Å)からなるトンネル多層膜3を備える磁気ヘッドサンプルを作製した。

【0062】強磁性フリー層20は、いわゆる本発明の要件を満たす十字形状に形成した。すなわち、強磁性フリー層20は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部22と、このフリー層主要部22の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部21とバックフラックスガイド部23とを一体的に有する形状とした。もちろん、フロントフラックスガイド部21は、ABS(Air Bearing Surface)の一部を構成するように形成した。

【0063】フリー層主要部22の幅方向長さ L_m は、 $2.5\mu\text{m}$ 、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f は、 $0.5\mu\text{m}$ 、バックフラックスガイド部23の幅方向長さ L_b は、 $0.7\mu\text{m}$ とした。前記強磁性ピンド層40の幅方向長さ L_p は、 $0.7\mu\text{m}$ に設定してフロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f よりも大きくした。また、強磁性ピンド層40のフロントフラックスガイド部21より余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$)は、 $0.1\mu\text{m}$ とした。また、フロントフラックスガイド部21の奥行き(ABSに垂直方向)長さ H は、 $0.05\mu\text{m}$ とした。

【0064】トンネル多層膜3に電流を流すための電極111, 115はTa(厚さ300Å)から構成し、磁気シールド層81, 85はパーマロイから構成した。ただし、当該実験においては、バックフラックスガイド部23の後端は、磁気シールド層81, 85と接合させなかった(この点、以下実験例II～実験例IIIも同様とした)。

【0065】強磁性フリー層20(特に、フリー層主要部22)の幅方向両端部の上には、それぞれバイアス付与手段として、CoPtからなるパーマネントマグネット61, 61がオーバーラッピングされ、当該バイアス付与手段61, 61によって、強磁性フリー層20(特に、フリー層主要部22)の幅方向にバイアス磁界(例えば矢印(α)方向)を印加した。このオーバーラッピングされた部分の接合距離は、 $0.88\mu\text{m}$ とし、スペース値 G は、 $0.02\mu\text{m}$ とした。

【0066】なお、絶縁層101, 105および109の形態は図1～図4に示される形態と同じにして、アルミナ材料から形成した。以上の構成で形成されたサンプルを本発明サンプルI-1とした。

【0067】また、このような本発明サンプルI-1との性能比較のため、比較サンプルI-1として、強磁性フリー層の形状を矩形にしたサンプルを作製した。すなわち、 $L_m = L_f = L_b =$ は、 $0.5\mu\text{m}$ とした。前記強磁性ピンド層40の幅方向長さ L_p は、 $0.7\mu\text{m}$ に設定してフロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f よりも大きくした。また、この比較例では D は、存在せず、 H に類する数値として、ABSから強磁性ピンド層40の先端部(ABSに近い側)までの距離を、上記 H と同じ距離である $0.05\mu\text{m}$ とした。

【0068】上記本発明サンプルI-1および比較サンプルI-1のTMRヘッドを用いて下記の要領でヘッド出力をそれぞれ測定した。

【0069】(1)ヘッド出力の測定

【0070】DPテスター(Dynamic Performance Tester)を用いてヘッド出力を測定した。

【0071】実験の結果、本発明サンプルI-1では、 $750\mu\text{V}$ の出力が得られ、比較サンプルI-1では、 $590\mu\text{V}$ の出力が得られた。ちなみに、本発明サンプルI-1の出力は、比較サンプルI-1のその約1.27倍であった。

【0072】(実験例II)

【0073】上記実験例Iで作製した本発明サンプルI-1において、強磁性ピンド層40の幅方向長さ L_p を変えて、強磁性ピンド層40のフロントフラックスガイド部21より余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$)を種々変えたサンプルを作製し、 D 値が磁気ヘッド出力に及ぼす影響を実験的に確認した。

【0074】結果を下記表1に示した。なお、表1中には、評価項目として、上記(1)ヘッド出力に加えて、下記の要領で測定した(2)抵抗値 R および(3) S/N 比も併記した。

【0075】(2)抵抗値 R (Ω)

【0076】ヘッド全体の抵抗(HGA抵抗)より電極材料分の抵抗、および接合抵抗を抵抗を差し引いて、TMR接合部(多層膜3)の抵抗を見積もった。

【0077】(3) S/N 比(dB)

【0078】DPテスターを用い、通常の方法にてSignal to Noise ratio(S/N 比)を求めた。通常、この値は25dB以上が望ましく、20dB未満となるとヘッド動作上、問題が生じてしまう。

【0079】

【表1】

表 1

サンプル No.	D (μm)	ビンド層の大 きさ(μm^2)	R (Ω)	ヘッド出力 (μV)	S/N (dB)
I-1	0.10	0.5×0.7	119	750	33
II-1	-0.15	0.5×0.2	417.5	490	16
II-2	-0.10	0.5×0.3	278	600	20
II-3	-0.05	0.5×0.4	209	640	24
II-4	0	0.5×0.5	167	700	30
II-5	0.05	0.5×0.6	137	730	32
II-6	0.15	0.5×0.8	105	710	30
II-7	0.20	0.5×0.9	62	600	19

【0080】上記表1の結果より、所定レベルの出力が得られ、かつ大きなS/N比が得られる好適なDの値は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、好ましくは $0 < D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、より好ましくは、 $0.05 \mu\text{m} \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ であることがわかる。

【0081】(実験例III)

【0082】上記実験例Iで作製した本発明サンプルI-1において、フロントフラックスガイド部21の奥行き(ABSに垂直方向)長さHを種々変えたサンプルを作製し、Hの値が磁気ヘッド出力に及ぼす影響を実験的に確認した。

【0083】結果を下記表2に示した。なお、表2中には、評価項目として、上記(1)ヘッド出力に加えて、下記の要領で測定した(4)バルクハウゼンノイズも併記した。

【0084】(4)バルクハウゼンノイズ

【0085】いわゆるMRヘッド、GMRヘッドの評価方法と同様な方法にてバルクハウゼンノイズを評価した。実用上差し支えないレベルを「○」で表示し、実用上問題となるレベルを「×」で表示した。

【0086】

【表2】

表 2

サンプル No.	H (μm)	ヘッド出力 (μV)	バルクハウゼン ノイズ
I-1	0.05	750	○
III-1	0	520	○
III-2	0.01	610	○
III-3	0.10	710	○
III-4	0.15	690	○
III-5	0.20	660	○
III-6	0.25	630	○
III-7	0.30	600	○
III-8	0.35	550	×
III-9	0.4	500	×
III-10	0.5	300	×

【0087】上記表2の結果より、バルクハウゼンノイズの発生を有効に防止し、かつ大きなヘッド出力を得る

ためには、前記フロントフラックスガイド部の奥行き(ABSに垂直方向)長さHを、 $0.01 \sim 0.3 \mu\text{m}$ の範囲に設定することが望ましいことがわかる。

【0088】(実験例IV)

【0089】上記実験例IIIで作製した各サンプルにおいて、バックフラックスガイド部23の後端を、磁気シールド層85と接合させた(図3)。それ以外は、上記実験例IIIと同様にして実験例IVの各サンプルを作製し、ヘッド出力への影響を調べる実験を行った。

【0090】結果を下記表3に示した。なお、表3中の括弧内に記載されているヘッド出力値は、参考までに挙げた表2のデータである。

【0091】

【表3】

表 3

サンプル No.	H (μm)	ヘッド出力(μV)	バルクハウゼン ノイズ
I-1	0.05	830 (750)	○
IV-1	0	550 (520)	○
IV-2	0.01	640 (610)	○
IV-3	0.10	810 (710)	○
IV-4	0.15	780 (690)	○
IV-5	0.20	750 (660)	○
IV-6	0.25	710 (630)	○
IV-7	0.30	670 (600)	○
IV-8	0.35	580 (550)	×
IV-9	0.4	520 (500)	×
IV-10	0.5	330 (300)	×

【0092】上記表3の結果より、バックフラックスガイド部23の後端を、磁気シールド層85と接合させた場合にはさらに出力の向上が図られることがわかる。

【0093】(実験例V)

【0094】上記実験例Iで作製した本発明サンプルにおいて、電極をシールド層と兼用したタイプ(図9)に変え、ヘッド出力を求めた。その結果、ヘッド出力は同等で同様な効果が確認できた。

【0095】

【発明の効果】上記の結果より本発明の効果は明らかである。すなわち、本発明は、トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピン層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一部を構成し、前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f とバックフラックスガイド部の幅方向長さ L_b よりも長く設定されているので、TMRヘッド性能の向上、特に、耐蝕性に優れることはもとより、TMR変化率の低下が少なく、ヘッド出力が大きく超高密度記録に適用できるという極めて優れた効果が発現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な一例を示す斜視図である。

【図2】図2は図1の平面図である。

【図3】図3は、図2のI-I断面矢視図である。

【図4】図4は、図3のII-II断面矢視図である。

【図5】図5 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図5 (B) は、図5 (A) のIII-III断面矢視図である。

【図6】図6 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図6 (B) は、図6 (A) のIV-IV断面矢視図である。

【図7】図7 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図7 (B) は、図7 (A) のV-V断面矢視図である。

【図8】図8 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図8 (B) は、図8 (A) のVI-VI断面矢視図である。

【図9】図9 (A) , (B) は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な他の一例を示す断面図であり、図9 (A) は、図4に類する断面図であり、図9 (B) は、図9 (A) のVI-VI断面矢視図である。

【図10】図10は、強磁性フリー層の形状が理解し易いように、強磁性フリー層のみを現した概略平面図である。

【符号の説明】

- 1, 2…トンネル磁気抵抗効果型ヘッド
- 3…トンネル多層膜
- 20…強磁性フリー層
- 21…フロントフラックスガイド部
- 22…フリー層主要部
- 23…バックフラックスガイド部
- 30…トンネルバリア層
- 40…強磁性ピン層
- 50…ピン止め層
- 61, 61…バイアス付与手段
- 81, 85…(磁気) シールド層
- 111, 115…電極
- 111a, 115a…フロント電極部分
- 111b, 115b…サイド電極部分

【図10】

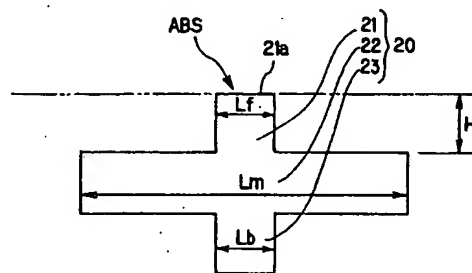


FIG.10

【図1】

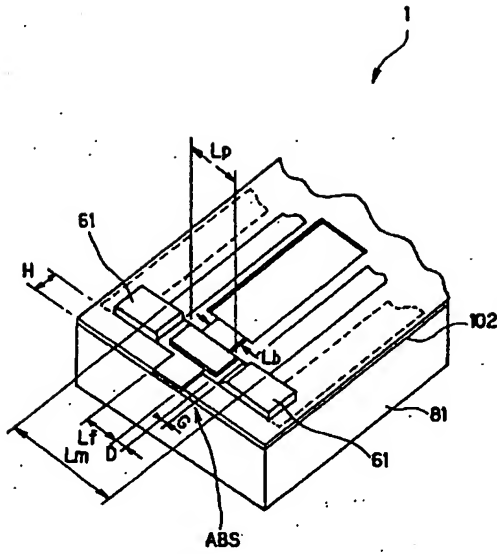


FIG.1

【図2】

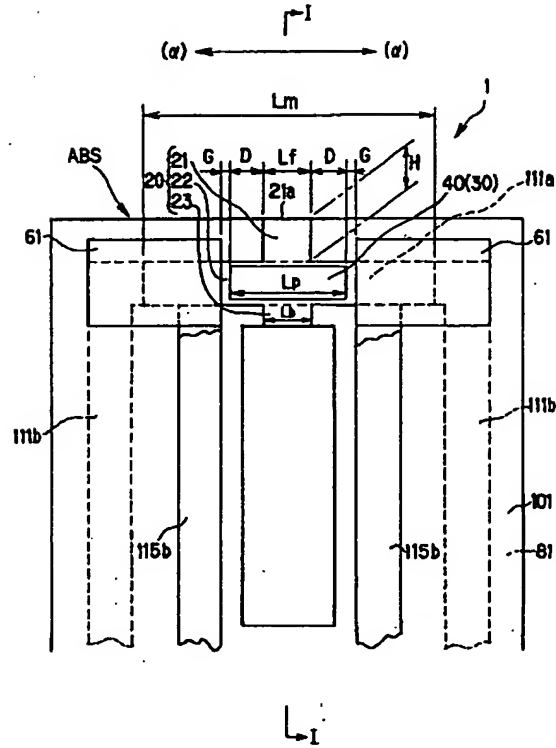


FIG.2

【図3】

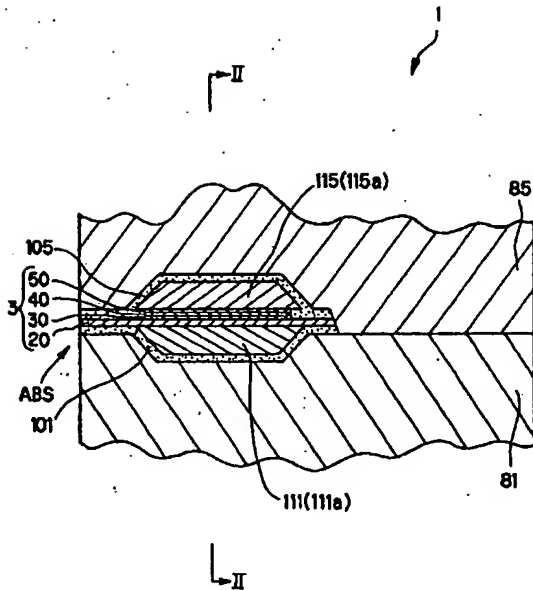


FIG.3

【図4】

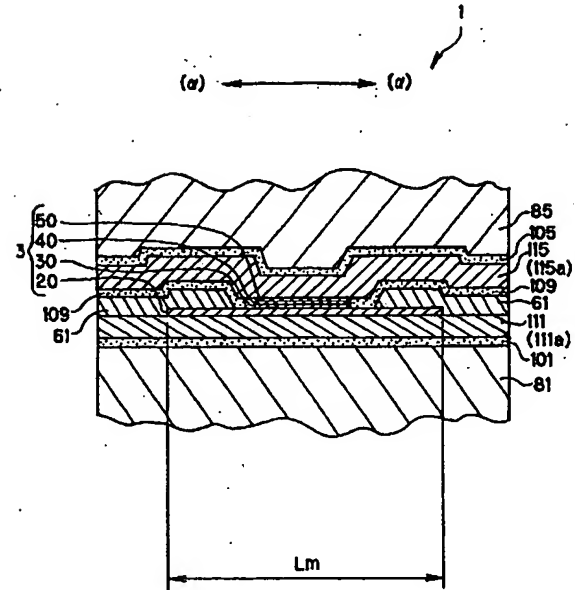


FIG.4

【図 5】

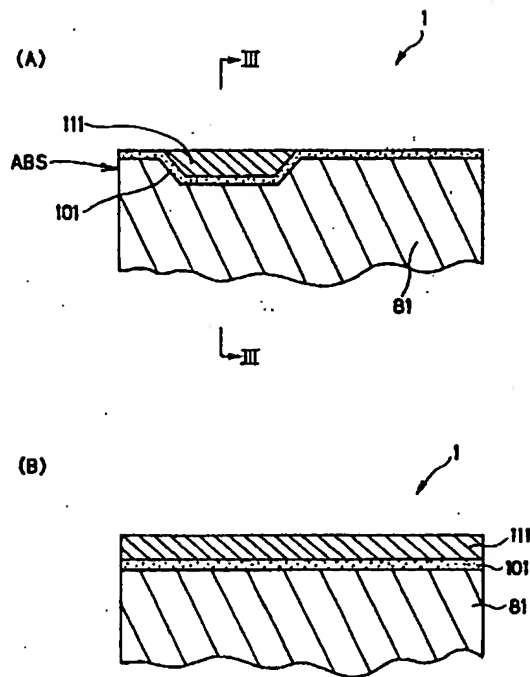


FIG.5

【図 6】

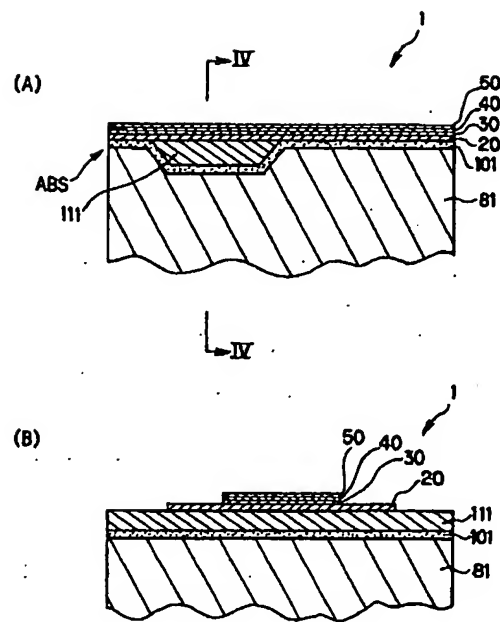


FIG.6

【図 7】

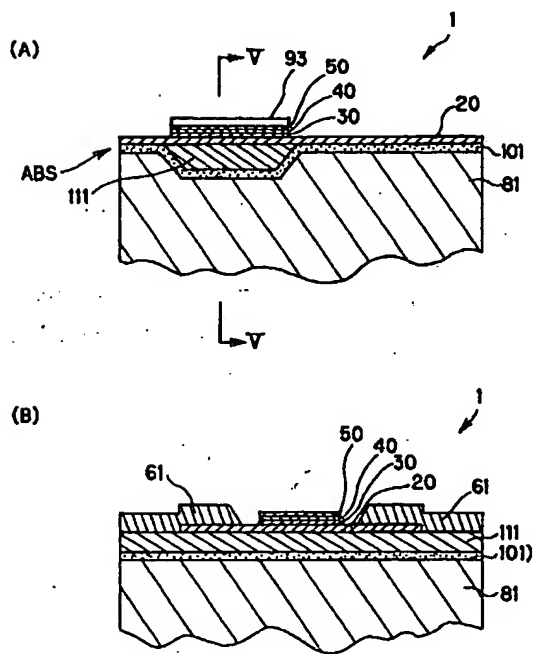


FIG.7

【図 8】

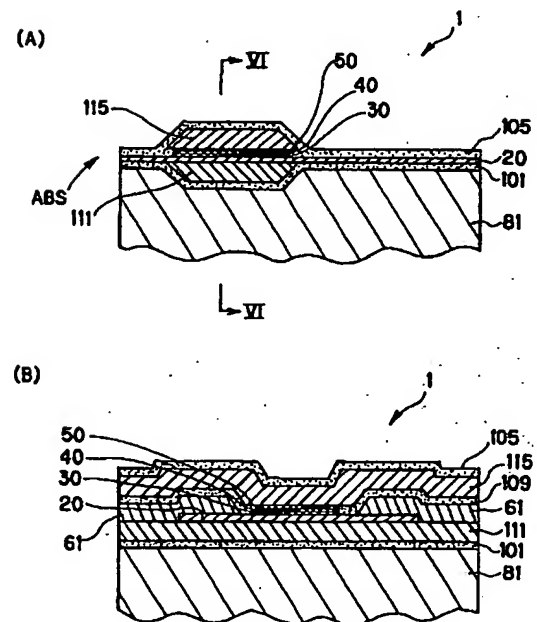


FIG.8

【図9】

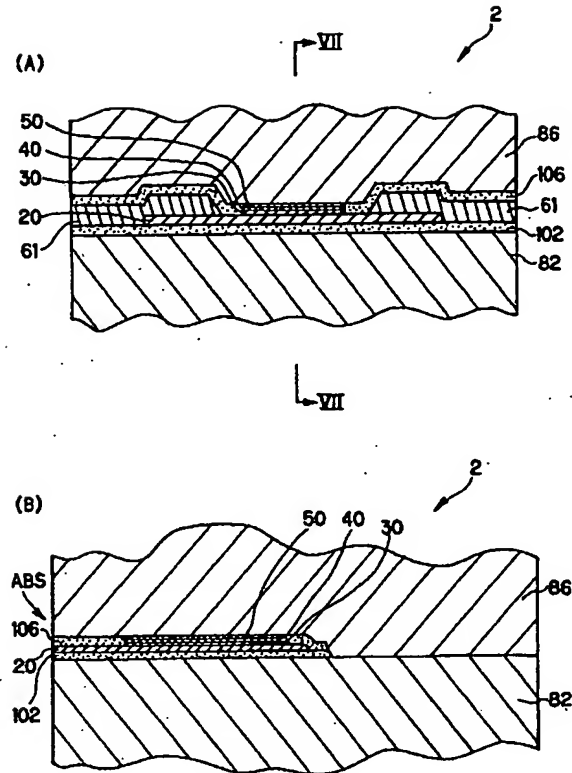


FIG. 9

フロントページの続き

(72)発明者 笠原 寛顕
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
ーディーケイ株式会社内

(72)発明者 荒木 悟
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
ーディーケイ株式会社内
Fターム(参考) 5D034 BA05 BA15 BA19